Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 253-266
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۶۶-۲۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بهبود تحمل به کم‌آبی با استفاده از کمپوست پسماند شهری در چمن بومی تال فسکیو

محمد سادات فریزنی[1]*- حمیدرضا خزاعی[2]- غلامعلی گزانچیان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱

چکیده

تحقیق حاضر، با هدف بررسی اثر نسبت‌های اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چمن گونه بومی تال فسکیو (*Festuca arundinaceous*) در پاسخ به تنش خشکی در قالب دو آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردید. در آزمایش اول، بررسی درصد و سرعت سبز شدن چمن در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار صورت پذیرفت که در آن تیمارهای آزمایش شامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست با خاک (۱۰ تا ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد (خاک زراعی بدون اختلاط با کمپوست) بود. در آزمایش دوم، سه مقدار برتر کمپوست از آزمایش اول به همراه شاهد بعنوان فاکتور اول و سه سطح تنش رطوبتی ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب بعنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش، بعنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند که بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمایش اول نشان داد که مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن درهکتار بواسطه داشتن ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد و سرعت سبز شدن چمن شدند. در آزمایش دوم، با افزایش شدت تنش خشکی در مقادیر مختلف کمپوست، میزان کلروفیل کل کاهش و صفات محتوی نسبی آب گیاه، پرولین و نشت الکترولیت‌ها افزایش پیدا کردند. در تیمار کمپوست ۹۰ تن درهکتار بـه دلیـل توانـایی بـالای آن در ذخیـره آب، انسجام غشاهای سلولی بیشتر حفظ شد و درک کمتری از تنش صورت گرفت. وزن خشک اندام هوایی نیز تحت تاثیر افزایش شدت تنش خشکی بطور معنی داری کاهش یافت. در مجموع به نظر می‌رسد که کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بطور معنی‌داری در بهبود تحمل به خشکی چمن تال فسکیو موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: چمن، خشکی، کلروفیل و نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

امروزه سرانه فضای سبز شهری به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی شهرها محسوب می‌گردد و در این بین، چمن به عنوان یکی از اجزاء بسیار مهم فضای سبز شهری تلقی گشته که علاوه بر جنبه زیبایی، به عنوان یک گیاه پوششی که در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی موثر است، مطرح می‌شود (۲۷). چمن‌های کاشته شده در کشور عمدتاً از انواع بذور وارداتی بوده که با شرایط خشک و نیمه خشک کشور ما چندان سازگار نیستند و از این نظر، گاهاً محدودیت هایی را به لحاظ تامین نیاز آبی ایجاد می‌نمایند. از این رو، با توجه به منابع آبی محدود در شهر مشهد از یک سو و وجود مساحت بیش از ۴۰۰ هکتار چمن در این شهر از سوی دیگر، تلاش برای رفع این محدودیت را امری ضروری جلوه می‌دهد. یکی از راهکارهای مقابله با این چالش، استفاده از گونه‌ها و ارقام مقاوم به خشکی می‌باشد (۱۲ و ۱۶). این در حالی است که بسیاری از گراس‌های بومی موجود در نقاط مختلف کشور از مقاومت بالایی در برابر تنش خشکی برخوردارند (۱۲) و به نظر می‌رسد که گراس‌های بومی ایران می‌توانند منابع ژنتیکی مناسبی را جهت اصلاح گراس‌ها تحت شرایط تنش خشکی فراهم آورند (۲۵). از جمله این گونه‌ها، گونه تال فسکیو است که از انواع چمن‌های فصل سرد، چند ساله و علفی بوده و در شرایط رشد مطلوب، مقاومت خوبی به پاخوری دارد (۲۰ و ۲۶). این گیاه بواسطه خصوصیاتی همچون داشتن ریشه‌های عمیق‌تر، رنگ تیره‌تر و بافت متراکم‌تر، تا حدی به خشکی مقاوم است (۱۶ و ۳۰). هوانگ و همکاران (۱۷) در مطالعات خود بر روی ارقام بومی تال فسکیو بیان

۱ و ۲- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mohamad.sf49@gmail.com)
۳- دانشیار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2021.61803.0

نمودند که قابلیت رشد مجدد ارقام این گیاه پس از سپری شـدن دوره تنش خشکی، خوب بوده، بطوری‌که پس از رفع تنش، شاخص سـطح برگ آن مجدداً سیر صعودی به خود گرفت. هرچند که به سطح اولیه آن قبل از تنش نرسید.

از دیگر راهکارهای حفظ چمن در شرایط تـنش رطـوبتی، بهبـود ساختمان خاک با هدف افزایش رطوبت ذخیره شده در آن می‌باشد. در همین راستا استفاده از ترکیبات آلی که شرایط فیزیکـی و بیولـوژیکی خاک را بهبود می‌بخشند (مانند کمپوست پسماند شهری و کود دامی) می‌تواند تاثیرگذار باشد (۳۲). کمپوسـت از بازیافـت بقایـای گیـاهی و جانوری، زباله‌های شهری و لجن فاضلاب به دست می‌آیـد (۱ و ۳۱). استفاده از کمپوست، ساختمان خاک را ارتقاء داده، محتوی مواد معدنی خاک را تقویت کرده و سبب می‌شود تا خاک، رطوبت را بـرای مـدت زمان بیشتری در خود نگه دارد. چرا که کمپوست می‌تواند دو تا شـش برابر حجم خود آب نگهداری نموده و از هدر رفتن آن جلوگیری کنـد (۱، ۲۵ و ۳۱). کمپوست در خاک‌های سنگین، تخلخل خاک را بهبـود بخشیده و باعث تهویه بهتر خاک می‌گردد. در خاک‌هـای سـبک نیـز مانند اسفنج عمل کرده و با نگهداری آب و مواد غذایی تا حد زیـادی از شستشوی آنها جلوگیری می‌کند. ضمن آنکـه کـاربرد آن در زمینـه های مختلف، در کاهش هزینه انتقال و دفن زباله و حمایت از قـوانین محیط زیست موثر است. (۱۴). در همین راستا، کاسادوولا و همکاران (۸) تاثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست بر روی خصوصیات فیزیکـی و شیمیایی خاک آهکی در کالیفرنیا را بررسی کرده و بـه ایـن نتیجـه رسیدند که مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل اسـتفاده، هـدایت هیدرولیکی و عناصر سنگین، همگی با زیـاد شـدن مقـدار کمپوسـت مصرف شده افزایش یافت. لی و همکاران (۱۸) نیز نشـان دادنـد کـه خواص فیزیکی خاک با افزودن مواد آلی (از جمله کمپوست)، متناسب با مقدار ماده آلی افزوده شده بهبود پیدا کرد.

گاهی اوقات ممکن است تنش خشکی در نزدیکی سطح خاک رخ دهد، در حالی که آب به میزان رفع نیاز گیاه، در بخش‌های عمیـق‌تـر خاک وجود داشته باشد. لکن سطحی بودن ریشه‌های گیـاه (از جملـه در گیاه چمن) مانع از دسترسی گیاه به رطوبت موجود گـردد. در ایـن شرایط، واکنش بخش هوایی برای مقابله با تنش، از اهمیـت ویـژه‌ای برخوردار است (۲۵). لذا این تحقیق با هدف بررسی تاثیر نسـبت‌هـای اختلاط ماده کمپوست زباله شهری بـا خـاک بـر برخـی خصوصـیات فیزیولوژیکی اندام‌های هوایی چمن گونه بومی تال فسکیو در پاسخ به تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا بـرای پیـدا کـردن بهتـرین میـزان اخـتلاط کمپوست با خاک در مرحله سبز شدن و تأثیر مقادیر مختلف کمپوست بر درصد و سرعت سبز شدن فستوکا، آزمایشی در گلخانـه تحقیقـاتی دانشگاه فردوسی انجام شد (دمای گلخانه بین ۱۵ تا ۳۵ درجه سـانتی گراد متغیر بود). سپس بر اساس نتایج حاصله از آزمایش اول، مقـادیر مناسب کمپوست، انتخاب و برای بررسـی اثـر آنهـا در شـرایط تـنش خشکی، به آزمایش دوم آورده شدند. قابل ذکر است که این کمپوست توسط کارخانه کمپوست شهرداری مشهد تولید شده است (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات کمپوست استفاده شده در آزمایش

Table 1- Traits of used compost

وزن مخصوص ظاهری ʃ (g.cm^{-3})	EC (dS.m^{-1})	pH	C/N
0.49	4.80	7.23	16.5

آزمایش اول

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ و بـه منظـور تعیـین بهتـرین میـزان اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک و تأثیر آن بر سـرعت و درصـد سبز شدن چمن تال فسکیو انجام شد. آزمایش در قالـب طـرح کـاملاً تصادفی در چهار تکرار و در گلدان‌های یک کیلویی با قطر دهانه ۱۴۰ و ارتفاع ۱۲۰ میلی‌متر صورت پذیرفت. تیمارهـای آزمـایش شـامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست بـا خـاک (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شـاهد (خـاک زراعـی بـدون اختلاط با کمپوست) بود. مقادیر مختلف اخـتلاط کمپوسـت بـا خـاک پس از تبدیل واحد گرم کمپوست بر سانتی‌متر مکعب خاک در گلـدان های تهیه شده اعمال گردید. بدین صورت کـه بـرای تیمارهـای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار به ترتیـب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و۱۰۰ گـرم کمپوسـت بـه خـاک گلدان اضافه گردید. قبل از انجام آزمایش، برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درصد کـربن آلـی، نسـبت C/N و EC بـه‌طـور جداگانه در آزمایشگاه خاک اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بافـت خـاک نیز از نوع لوم رسی شنی بود.

پس از تهیه نسبت‌های مختلف خاک و کود در داخل هر گلـدان، در اوّل خردادماه تعداد ۵۰ عدد بذر کاشته شد و سـطح فوقـانی آن بـا یک‌لایه یک سانتی‌متری ماسه پوشانده شد. پس از کاشت تا اسـتقرار کامل گیاه، گلدان‌ها به مدت سه هفتـه (بیسـت و یـک روز) بصـورت روزانه آبیاری شدند.

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2- Soil traits of experiment location

تیمار Treatment	وزن مخصوص ظاهری (g.cm^{-3})	EC (dS.m^{-1})	pH	N (%)	P (%)	K (ppm)	Na^{+} (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	C/N	رطوبت خاک Soil humidity (%)	ماده آلی Organic matter (%)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	1.95	0.98	8.50	0.059	1.80	59.00	2.10	9.0	3.2	22.5	3.4
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton.ha^{-1} compost	1.96	2.30	8.30	0.075	1.80	58.60	2.40	3.4	8.6	31.4	13.8
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton.ha^{-1} compost	1.33	2.50	8.30	0.083	1.90	59.00	2.46	3.4	8.6	33.1	13.9
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton.ha^{-1} compost	1.28	2.85	8.20	0.086	1.90	59.30	2.48	3.6	8.9	34.2	14.1
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton.ha^{-1} compost	1.10	3.40	8.20	0.100	2.05	59.50	3.80	3.6	9.2	34.8	15.7
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton.ha^{-1} compost	1.10	3.80	8.20	0.100	2.10	59.50	3.80	4.4	9.5	35.6	15.8
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton.ha^{-1} compost	1.07	4.40	8.15	0.200	2.04	59.70	4.60	4.4	9.8	36.3	16.1
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton.ha^{-1} compost	1.06	4.40	8.00	0.400	2.28	60.01	4.60	4.45	10.4	40.4	16.8
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton.ha^{-1} compost	1.07	4.40	7.80	0.460	2.30	60.06	4.60	4.4	11.3	41.3	17.2
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton.ha^{-1} compost	1.07	4.50	8.00	0.460	2.28	60.06	4.60	4.4	11.6	41.5	17.4
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton.ha^{-1} compost	1.08	4.90	8.20	0.440	2.30	59.04	4.71	4.2	11.8	40.3	17.6

در این مدت تعداد گیاهچه‌های سبز شده، بصورت روزانه ثبت و در پایان، سرعت و درصد ظهور گیاهچه‌ها از طریق معادله‌های یک و دو تعیین گردید (۴).

(۱)

$$\sum n_i / D_i$$ = میانگین سرعت ظهور گیاهچه

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و D_i تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

(۲)

$$\sum n_i / n * 100$$ = درصد ظهور گیاهچه

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و n تعداد کل بذور کشت شده است.

آزمایش دوم

این آزمایش در مردادماه در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار صورت پذیرفت و برای انجام آن، سه سطح از مطلوب‌ترین تیمارهای اختلاط کمپوست شهری با خاک در آزمایش اول (۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار) و یک سطح تیمار شاهد که فاقد کمپوست و فقط شامل خاک مزرعه بود به عنوان چهار سطح فاکتور اول در نظر گرفته شدند (بافت خاک نیز از نوع لوم رسی شنی بود). فاکتور دوم شامل تیمارهای تنش رطوبتی بود که در سه سطح ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (به ترتیب به عنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش) اعمال گردید. ظرفیت زراعی در این مرحله به روش وزنی محاسبه شد. بدین ترتیب که جهت تعیین درصد رطوبت در وضعیت ظرفیت زراعی خاک (F.C) سه گلدان از خاک مورد آزمایش تهیه و برای تعیین وزن خشک خاک، به مدت ۷۲ ساعت داخل آون در دمای ۹۰ درجه قرار گرفته و سپس گلدان‌ها با آب اشباع شدند. در ادامه به منظور جلوگیری از تبخیر سطحی، سطح گلدان‌ها با فویل آلومینیومی پوشیده و وزن گلدان‌ها بصورت روزانه اندازه‌گیری شد تا زمانی که وزن گلدان‌ها ثابت ماند. از تفاوت وزن فعلی گلدان‌ها و وزن آن‌ها پس از خشک شدن در آون درصد رطوبت ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه گردید (۲۱).

$$FC = \frac{WS_{FC} - WS_D}{WS_D} * 100 \qquad (۳)$$

FC: میزان رطوبت خاک در شرایط ظرفیت زراعی، WS_{FC}: وزن خاک در شرایط ظرفیت زراعی و WS_D: وزن خاک خشک هستند.

در این آزمایش از لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر ۱۱۰ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر (که با درپوش‌هایی در انتهای گلدان مسدود شده بودند) استفاده شد. بر این اساس وزن هر لوله حدود ۱۴۰۰ گرم و وزن خاک جهت پر کردن هر لوله حدود ۷۰۰۰ گرم بود. پس از تهیه نسبت‌های مختلف کودی داخل لوله‌ها، ۵۰ عدد بذر در هر لوله کاشته شد. از زمان کاشت تا استقرار کامل گیاه، آبیاری چمن به صورت روزانه و به مدت ۳۰ روز ادامه یافت و پس از پایان دوره استقرار ۳۰ روزه گیاه، تیمارهای تنش رطوبتی به مدت دو ماه اعمال شدند. بدین ترتیب که لوله‌ها بطور روزانه توزین شدند و وزن کسر شده، مطابق با تیمارهای مورد نظر، از طریق اضافه کردن آب به لوله‌ها جبران گردید. در طی این مدت کلیه عملیات نگهداری چمن مانند چمن‌زنی و آبیاری به صورت متداول در سطوح چمن‌کاری فضاهای سبز شهری صورت پذیرفت.

پس از سپری شدن مدت مذکور، اندام‌های هوایی جداسازی و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس خصوصیات میزان پرولین، محتوی نسبی آب گیاه (RWC[1])، نشت الکترولیت‌ها و میزان کلروفیل کل اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که برای سنجش میزان کلروفیل‌ها ابتدا ۰/۱ گرم برگ با ۴ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی سائیده و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شد. سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل‌ها توسط اسپکتروفتومتر (مدل ۲۱۰۰) در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر از استون ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کلروفیل a، b و کل از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (۱۹):

$$Chl_b = 21.21A_{647} - 5.1A_{664} \qquad (۴)$$

$$Chl_a = 12.25A_{664} - 2.79A_{647} \qquad (۵)$$

$$Chl_T = Chl_a + Chl_b \qquad (۶)$$

در این معادلات:

A_{647} میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷ نانومتر و A_{664} میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴ نانومتر هستند.

برای سنجش پرولین از روش بیتس و همکاران (۶) استفاده شد. بدین منظور ۰/۲ گرم از بافت برگ در ۴ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک آبدار ۳ درصد کاملاً سائیده شد تا همگن شود. سپس هموژن حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف و از محلول حاصل برای سنجش پرولین استفاده گردید. ۲ میلی‌لیتر از هموژن با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لوله آزمایش مخلوط شدند. لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها بلافاصله به ظرف حاوی یخ منتقل شدند تا واکنش خاتمه یابد و پس از آن به دمای اتاق منتقل شدند. سپس به محتویات

1- Relative Water Content

داخل لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط شدند. این عمل موجب دو فازه شدن محتویات لوله شد (فاز تولوئن رنگی حاوی پرولین در بالا و فاز آبی شفاف در پائین). پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری محلول فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت پرولین در محلول محاسبه گردید. در نهایت مقدار پرولین بر اساس میکرومول در گرم وزن تر نمونه گیاهی مطابق معادله زیر محاسبه شد:

(۷)

$$=(\frac{\mu g \ \ prolin}{ml}\times\frac{ml \ \ toloen}{115.5(\frac{\mu g}{\mu mol})})/\frac{gr \ \ sample}{5}$$

میکرومول پرولین در گرم وزن تر

برای اندازه‌گیری و محاسبه محتوی نسبی آب گیاه از روش ریچی و همکاران (۲۴) استفاده گردید. بدین منظور، ابتدا برگ‌های پهن و گسترده از نمونه‌ها جدا و بلافاصله وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس این برگ‌ها برای اندازه‌گیری وزن آماس، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد و در حالت کاملاً غوطه‌ور در آب مقطر قرار گرفته و دوباره توزین شدند. در نهایت برای به دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد آون قرار داده شدند و محتوی نسبی آب گیاه از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\%RWC=\frac{(FW-DW)}{(TW-DW)}*100$$ (۸)

F_w: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

D_w: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

T_w: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

جهت تعیین پایداری غشا سلول‌های برگی از شاخص نشت الکترولیت‌ها استفاده گردید. در این روش ابتدا قطعات برگی با اندازه ۲ سانتیمتر تهیه شدند. این قطعات پس از شستشو همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌های آزمایش به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت بوسیله شیکر شدیداً (۱۶۰ دور در دقیقه) تکان داده شدند. در این مرحله مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌های آزمایش (E_1) بوسیله دستگاه هدایت سنج مدل JENWAY اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش جهت کشته شدن سلول‌های برگی به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در این مرحله نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش انجام پذیرفت (E_2). در نهایت مقادیر نشت الکترولیت‌ها با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$۱۰۰= (E_1/E_2) \times EL$$ (۹)

وزن خشک اندام هوایی نیز پس از قرار گرفتن اندام‌های هوایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون و توزین آنها اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام گرفت. میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

درصد سبز شدن

در آزمایش اول، اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی درصد سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین درصد سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که درصد سبز شدن بالای ۹۵ درصد وجود داشت. با این وجود تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش یافت و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه پیدا کرد. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی درصد سبز شدن چمن داشته‌اند. به نظر می‌رسد که دلیل بالاتر بودن درصد سبز شدن چمن در تیمار شاهد ناشی از پایین بودن هدایت الکتریکی خاک در این تیمار بوده است. بطوری که در این تیمار، هدایت الکتریکی خاک حتی به یک dS/m هم نرسید. در حالی که در سایر تیمارها هدایت الکتریکی خاک بیش از dS/m ۲/۳ بود (جدول ۲). چرا که با افزایش هدایت الکتریکی خاک و به دنبال آن، منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک، جذب آب برای گیاه دشوارتر شده و گیاه شرایط کم آبی و حتی بی آبی را درک می‌کند (۵) و این موضوع برای گیاه چمن که از نظر جذب آب، گیاه پر توقعی محسوب می‌شود، می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه‌زنی گردد. همچنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز شدن چمن شده‌اند و در این تیمارها، اثر مثبت بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب بر اثر منفی افزایش هدایت الکتریکی خاک، چیرگی پیدا کرده و همین امر باعث بهبود درصد سبز شده چمن در این تیمارها شده است. علاوه بر این، در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک بطور چشمگیری کاهش و نسبت C/N

افزایش پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به اینکه رابطه وزن مخصوص ظاهری با میزان تخلخل خاک معکوس بوده و با کاهش وزن مخصوص ظاهری، میزان خلل و فرج خاک افزایش می‌یابد (۳ و ۲۸)، لذا چنین به نظر می‌رسد که با افزایش مقدار کمپوست به ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار، میزان خلل و فرج خاک نیز افزایش یافته و این امر سبب افزایش تهویه و فراهمی بیشتر اکسیژن برای بذر شده و نهایتاً افزایش درصد جوانه‌زنی را به دنبال داشته است. مضافاً اینکه افزایش نسبت C/N و به دنبال آن، افزایش ماده آلی خاک در تیمارهای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، در افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک موثر بوده است. از طرف دیگر، در تیمار ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار، وجود هدایت الکتریکی بیش از dS/m ۴/۹ و همچنین میزان سدیم بیش از ppm ۴/۷ سبب چیرگی بر سایر مزایای این مقدار کمپوست گشته و این امر سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در این تیمار شده است. این نتایج برتری تیمارهای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار را نسبت به سایر تیمارها نشان می‌دهند. در همین راستا، فولی و کوپریانه (۹) گزارش کردند که اضافه کردن ضایعات خمیر کاغذ و کمپوست حاصل از آن باعث افزایش کربن آلی خاک شده و پس از اضافه کردن متوالی این مواد به خاک طی مدت دوسال، مقدار آب قابل دسترس در خاک بین ۵ تا ۴۵ درصد افزایش یافت.

سرعت سبز شدن

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی سرعت سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین صورت که بیشترین سرعت سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که سرعت سبز شدن به بیش از ۸ عدد بذر در روز رسید. لکن، تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار پس از تیمار شاهد در گروه آماری بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، سرعت سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه داشت. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، سرعت سبز شدن افزایش معنی‌داری از خود نشان داد. با این وجود، در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار سرعت سبز شدن از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). مشابه نتایج بدست آمده از درصد سبز شدن، چنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی سرعت سبز شدن چمن دارند. این موضوع احتمالاً ناشی از تامین رطوبت و عناصر غذایی بیشتر (خصوصاً عناصر ماکرو) در تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار باشد (جدول ۲). کاسادوولا و همکاران (۸) اظهار داشتند که با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده در خاک، خصوصیات مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده و هدایت هیدرولیکی در خاک افزایش یافت. بطور کلی تحقیقات نشان داده‌اند که استقرار ضعیف گیاهچه به دلیل خشکی و فقدان آبیاری کافی، یکی از مهمترین مشکلات سبز شدن گیاهان در مناطق نیمه خشک می‌باشد. گیاهانی که در شرایط تنش، از جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه بهتری برخوردار باشند، در ادامه مراحل رشد نیز سیستم ریشه‌ای قوی‌تری داشته و گیاهان بهتر و مقاوم‌تری تولید می‌کنند. بنابراین، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در خاک از فرایندهای تعیین کننده در میزان سبز بمانی محصول به شمار می‌روند (۴ و ۱۳).

بر اساس نتایج حاصله از آزمایش اول، به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد بهترین تاثیر را بر روی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و همچنین درصد و سرعت سبز شدن چمن داشته‌اند. از این رو، این تیمارها برای استفاده در آزمایش دوم انتخاب شدند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مقادیر مختلف کمپوست بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر چمن

Table 3- ANOVA for (mean squares) for rate and percentage of emergence of turf seeds

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سرعت سبز شدن Rate of emergence	درصد سبز شدن Percentage of emergence
کمپوست Compost	10	1.08**	8.36**
خطا Error	33	0.05	1.61
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.10	1.36

**: معنی‌دار در سطح ۱ احتمال درصد و ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant and **: significant at 1% of probability level

جدول ٤- اثر کمپوست بر درصد و سرعت سبز شدن چمن

Table 4- The effect of compost on percentage and rate of emergence of turf seeds

تیمار Treatment	درصد سبز شدن Percentage of emergence (%)	سرعت سبز شدن Rate of emergence (seed per day)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	95.75 a	8.27 a
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton.ha^{-1} compost	93.50 b-e	7.27 cd
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton.ha^{-1} compost	93.00 c-e	7.05 de
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton.ha^{-1} compost	93.00 c-e	6.97 d-f
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton.ha^{-1} compost	92.25 ef	6.80 e-g
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton.ha^{-1} compost	92.00 ef	6.66 fg
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton.ha^{-1} compost	91.00 f	6.54 g
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton.ha^{-1} compost	94.75 a-c	7.59 bc
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton.ha^{-1} compost	95.00 ab	7.68 b
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton.ha^{-1} compost	94.50 a-d	7.51 bc
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton.ha^{-1} compost	92.75 d-f	6.89 ef

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Means with same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

آزمایش دوم

محتوی نسبی آب گیاه

اثر متقابل مقـادیر مختلـف کمپوسـت و تـنش خشـکی بـر روی محتوی نسبی آب گیاه معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افـزایش شـدت تـنش خشـکی (از عدم تنش به تنش شدید)، محتوی نسبی آب گیاه کاهش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوسـت، سـطوح عـدم تـنش خشـکی، بـا یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند. محتوای نسبی آب بـرگ در تیمار تنش خشکی ملایـم در مقـدار کمپوسـت ۹۰ تـن در هکتـار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلـف تـنش خشـکی در رتبه بالاتری قرار گرفت. محتـوای نسـبی آب بـرگ در تیمـار تـنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه بـا سـایر مقادیر کمپوست در سطوح تنش خشکی شدید در رتبه بـالاتری قـرار داشت و در این تیمار نسبت به سطوح مشابه، محتوی نسبی آب گیـاه کاهش کمتری از خود نشان داد (جدول ۶). تحقیقات نشان داده‌اند که تنش خشکی بر محتوی نسبی آب برگ‌ها اثر گذاشته و افزایش شدت تنش سبب کاهش میزان آب نسبی برگ‌ها می‌شـود. لـذا محققـین از محتوی نسبی آب برگ به عنـوان شـاخص مناسـبی جهـت ارزیـابی وضعیت آب برگ‌ها یاد می‌کنند (۱۰). بطور کلـی محتـوی نسـبی آب برگ شاخص مناسـبی بـرای ارزیـابی مقاومـت گیاهـان بـه خشـکی محسوب شده و به نظر می‌رسد که این شاخص، حتـی از خصوصـیت پتانسیل آب برگ هم کارایی بهتری داشته باشد (۵). چرا که محتـوی نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی بیشـتر بـرگ در حفـظ مقـادیر بالاتر آب در شرایط تنش است (۵). مطالعات انجـام شـده در مقیـاس سلولی بازگوکننده آن هستند کـه گیاهـان از طریـق ایجـاد تغییـر در متابولیسم سلولی در جهت مقابله با تنش خشکی، تلاش می‌کننـد تـا خسارات ناشی از تنش را کاهش دهنـد. در ایـن راسـتا، گیاهـانی کـه بتوانند در زمان کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل فشاری سلول‌هـای خود را در حد بالا حفظ کرده و تا حد امکان از کـاهش آب سـلول‌هـا ممانعت کنند، در مقابله با تنش موفق‌تر خواهند بود (۷). به نظـر مـی رسد که در تحقیق حاضر، ایـن مهـم در مقـدار کمپوسـت ۹۰ تـن در هکتار رخ داده که این امر احتمالاً ناشی از ظرفیت بالای این مقدار از کمپوست در ذخیره آب و همچنین تاثیر آن در منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی محتوی سلول‌های برگ چمن و به دنبال آن، حفظ بیشتر آب موجود در سلول‌ها بوده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست و تنش خشکی بر برخی صفات مورد مطالعه چمن

Table 5- ANOVA (mean squares) for the effect of compost and drought stress on some traits of turf

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **df**	محتوی نسبی آب **Relative water content**	پرولین **Proline**	نشت الکترولیت‌ها **Electrolyte leakage**	کلروفیل کل **Total chlorophyll**	وزن خشک اندام هوایی **Drought weight of shoot**
کمپوست Compost (C)	3	327.22 **	5226.4 **	259.50 **	5.21 **	0.192 ns
تنش خشکی Drought stress (D)	2	5134.5 **	24068 **	1414.1 **	43.23 **	2.68 **
کمپوست × تنش خشکی C × D	6	57.37 **	2162.2 **	75.73 **	1.44 **	0.037 ns
خطا Error	36	4.65	1.20	0.81	0.22	0.181
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.03	2.30	6.27	2.78	13.43

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant, *: significant at 5% of probability level, **: significantat 1% of probability level

جدول ٦- اثر متقابل کمپوست × تنش خشکی بر برخی صفات چمن

Table 6- Interaction effect of compost ×drought stress on some traits of turf

کمپوست **Compost ($ton.ha^{-1}$)**	تنش خشکی **Drought stress**	محتوی نسبی آب **Relative water content (%)**	پرولین **Proline ($\mu M.gFW^{-1}$)**	نشت الکترولیت‌ها **Electrolyte leakage (%)**	کلروفیل کل **Total chlorophyll ($\mu g.gFW^{-1}$)**
شاهد Control	عدم تنش Without stress	85.32 ab	12.38 g	5.20 g	18.20 a
	تنش ملایم Moderate stress	67.85 d	61.96 c	21.07 b	16.71 b
	تنش شدید Severe stress	41.72 g	153.75 a	29.74 a	13.97 d
70	عدم تنش Without stress	87.85 a	12.35 g	5.11 g	18.25 a
	تنش ملایم Moderate stress	72.35 c	40.24 e	16.44 c	16.98 b
	تنش شدید Severe stress	51.85 f	80.97 b	30.96 a	14.68 c
80	عدم تنش Without stress	88.15 a	12.35 g	5.12 g	18.25 a
	تنش ملایم Moderate stress	72.67 c	39.90 e	11.45 e	17.25 b
	تنش شدید Severe stress	52.15 f	80.40 b	21.51 b	14.71 c
90	عدم تنش Without stress	88.40 a	12.34 g	5.09 g	18.39 a
	تنش ملایم Moderate stress	82.77 b	20.23 f	7.10 f	18.17 a
	تنش شدید Severe stress	62.02 e	44.68 d	13.48 d	16.90 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Means with same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

میزان نشت الکترولیت‌ها

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی میزان نشت الکترولیت‌های چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین صورت که در مقادیر مختلف کمپوست، کمترین میزان نشت الکترولیت‌ها در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها میزان نشت الکترولیت‌ها، کمتر از ۵/۴۰ درصد بود و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۶). علاوه بر این، بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها در دو تیمار عدم مصرف کمپوست و مصرف ۷۰ تن کمپوست در هکتار در شرایط تنش شدید وجود داشت. به گونه‌ای که در این دو تیمار میزان نشت الکترولیت‌ها بیش از ۲۹ درصد بود و این دو تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). لکن، در تیمار تنش خشکی شدید و مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار نسبت به سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی شدید، میزان نشت الکترولیت‌ها بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). با توجه به کاهش کمتر محتوی نسبی آب گیاه در تیمار تنش خشکی شدید و مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار، نشت کمتر الکترولیت‌ها در این تیمار منطقی به نظر آمده و چنین به نظر می‌رسد که این موضوع نشان دهنده درک کمتر تنش خشکی شدید توسط گیاه در تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار باشد. احتمالاً توانایی بالای این مقدار از کمپوست در ذخیره آب و جذب آن بصورت تدریجی توسط گیاه، در حفظ بیشتر آب موجود در سلول‌ها و انسجام بیشتر غشاءهای سلولی و به دنبال آن، نشت کمتر الکترولیت‌ها موثر بوده است. در همین راستا، الگوآکیل و همکاران (۲) در بررسی اثر کمپوست لجن فاضلاب روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه *Juniperus oxycedrus* L. تحت شرایط تنش خشکی عنوان کردند که به دلیل اثرات مثبت کمپوست بر بهبود جذب عناصر نیتروژن و فسفر و همچنین فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها در شرایط کمبود آب، کاربرد آن می‌تواند در کاهش اثرات مضر تنش خشکی بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه موثر باشد.

میزان پرولین

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی میزان پرولین چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). به گونه‌ای که در مقادیر مختلف کمپوست، کمترین میزان پرولین در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها میزان پرولین، کمتر از ۱۲/۴۰ میکرومول بر گرم وزن تر بود و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، میزان پرولین افزایش معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۶). علاوه بر این، بیشترین میزان پرولین در تیمار عدم مصرف کمپوست در شرایط تنش شدید وجود داشت. به نحوی که در این تیمار میزان پرولین بیش از ۱۵۰ میکرومول بر گرم وزن تر بود. این در حالی بود که در سایر مقادیر کمپوست و در شرایط تنش خشکی شدید، میزان پرولین حتی به ۸۱ میکرومول بر گرم وزن تر هم نرسید (جدول ۶). همچنین در تیمار تنش خشکی شدید و مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار میزان پرولین تنها به ۴۴/۶۸ میکرومول بر گرم وزن تر رسید که نسبت به شرایط تنش مشابه در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۸۱/۲۲ و ۷۹/۹۴ درصد کمتر بود (جدول ۶). این موضوع به ظرفیت بالای مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در نگهداری بیشتر آب نسبت داده شد. به نظر می‌رسد که توانایی بالای این مقدار از کمپوست در ذخیره آب و استفاده گیاه بصورت تدریجی از آن سبب شده است تا گیاه کمتر سطح تنش را درک کرده و به همین جهت، کمتر به سنتز پرولین در بافت‌های خود بپردازد. پرولین یکی از اسید آمینه‌های موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها بوده که مولکول‌های آن دارای دو قسمت آبدوست و آب گریز هستند (۱۵). تجمع پرولین در بافت‌های گیاه تحت شرایط تنش می‌تواند به جذب آب توسط ریشه کمک کند. ضمن آنکه حضور آن در سیتوپلاسم سلول‌های برگ، در محافظت از تیلاکوئیدهای کلروپلاست و سیستم‌های غشائی موجود در سیتوپلاسم و همچنین غشای خود سلول موثر است. علاوه بر این، پرولین از طریق پاکسازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل و ممانعت از تخریب آنزیم‌های سلولی در تحمل گیاه در برابر تنش موثر است (۱۵ و ۲۹). از طرف دیگر، چنین به نظر می‌رسد که هرچه میزان تولید پرولین در گیاه افزایش یابد بدان معنی است که گیاه سطح بیشتری از تنش را درک کرده است. لذا فراورده‌های فتوسنتزی که می‌بایست صرف تولید ماده خشک شوند، جهت سنتز متابولیت‌هایی همچون پرولین مصرف می‌شوند و این موضوع می‌تواند کاهش جثهٔ گیاه را به دنبال داشته باشد. از این رو، انجام اقداماتی همچون اضافه کردن کمپوست به خاک، جهت درک کمتر تنش توسط گیاه می‌تواند مفید واقع شود.

میزان کلروفیل کل

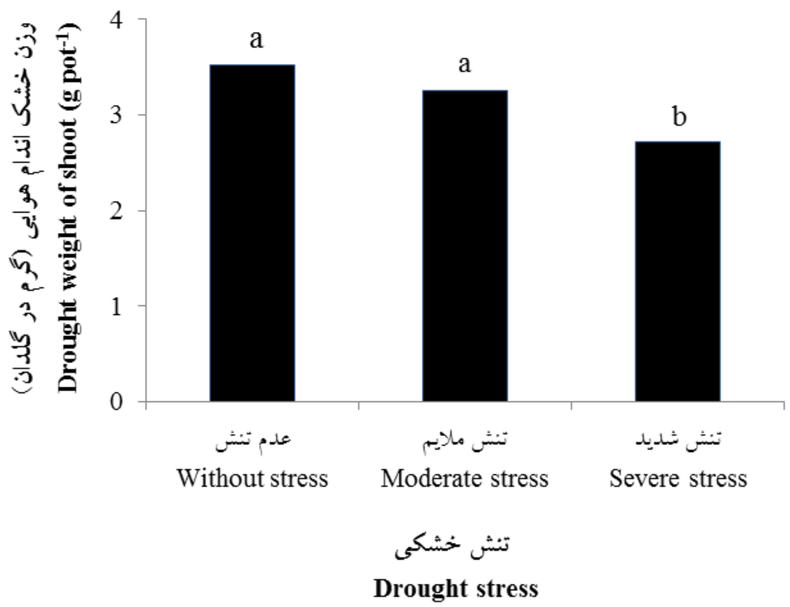
اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی میزان کلروفیل کل گیاه معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، میزان کلروفیل کل کاهش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین

تیمار تنش خشکی ملایم در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در

هکتار و عدم مصرف کمپوست از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند. لکن تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار با میزان کلروفیل ۱۶/۹ میکرومول بر گرم در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح تنش خشکی شدید در رتبه بالاتری قرار داشت و در این تیمار نسبت به سطوح مشابه، میزان کلروفیل کل کاهش کمتری از خود نشان داد (جدول ۶). بطور کلی اندازه‌گیری غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی قدرت منابع اصلی فتوسنتزی (برگ‌ها) در گیاه، شاخته شده و قابل استناد است (۲۲ و ۲۳). در تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که کاهش فراهمی آب سبب کاهش سنتز کلروفیل و تقلیل میزان آن در گیاه چمن شده است. نیکولاوا و همکاران (۲۲) در تحقیقات خود به بررسی اثرات تنش خشکی بر مقدار کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت برگ‌های سه رقم گندم پرداختند. این محققین، افزایش قابل توجه مقدار کلروفیل در ابتدای وقوع تنش خشکی و کاهش کلروفیل در زمان تداوم تنش را گزارش کردند. علاوه بر این، با توجه به نتایج حاصله در این پژوهش، کاربرد کمپوست (خصوصاً تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار) توانسته است بواسطه تامین آب و مواد غذایی لازم برای سنتز کلروفیل (مانند نیتروژن) باعث افزایش مقدار آن گردد.

وزن خشک اندام هوایی

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی وزن خشک اندام هوایی چمن معنی‌دار نشد. اما اثر سطوح تنش خشکی بر روی وزن خشک اندام هوایی چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بطوری که با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. با این وجود، بین تیمارهای عدم تنش و تنش خشکی ملایم از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما در تنش خشکی شدید، نسبت به تیمارهای عدم تنش و تنش خشکی ملایم، وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۲۹/۴۱ و ۱۹/۸۵ درصد کمتر بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد که با پیشرفت تنش خشکی ظرفیت فتوسنتزی گیاه بواسطه اثراتی همچون کمتر شدن میزان کلروفیل کاهش پیدا کرده و به دنبال آن، اختصاص مواد فتوسنتزی به توسعه اندام‌های هوایی کمتر شده است. از طرف دیگر، این نتایج نویدبخش وجود یک مقاومت نسبی در چمن تال فسکیو تحت شرایط تنش خشکی بوده و به نظر می‌رسد که احتمالاً محدود کردن آب آبیاری تا حدی می‌تواند به عنوان یک استراتژی مدیریتی در مواجهه با بحران کم آبی در فضای سبز (خصوصاً چمن‌کاری) موثر باشد. در همین راستا گزانچیان و همکاران (۱۱) نیز در بررسی پاسخ گیاه *Elymus elongatum* در برابر تنش خشکی، کاهش وزن خشک اندام هوایی آن را گزارش کردند. لکن آنها استفاده از این گیاه را به دلیل قابلیت بالای آن در بازیافت خود پس از رفع تنش، به عنوان راهکاری برای مقابله با بحران کم آبی توصیه کردند. در تحقیقی دیگر، سادات فریزنی و همکاران (۲۵) طی مطالعه تأثیر اختلاط مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری با خاک بر روی خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو در شرایط تنش رطوبتی، گزارش کردند که در زمان وقوع تنش خشکی، گیاه تلاش می‌کند تا با کاهش وزن خشک اندام هوایی و اختصاص بخش بیشتری از فراورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، با تنش موجود مقابله کند.



شکل ۱- اثر تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی چمن

Figure 1- The effect of drought stress on the dry weight of turf aerial parts (LSD, $p\leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بواسطهٔ اثرات مثبتی همچون افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش تخلخل و تهویهٔ خاک، بطور معنی‌داری در بهبود خصوصیات فیزیولوژیک مطالعه شده برای چمن تال فسکیو در شرایط تنش خشکی تاثیرگذار بود. بطوری که در کمپوست ۹۰ تن در هکتار و سطح تنش شدید، نسبت به کمپوست ۸۰ تن در هکتار و سطح تنش مشابه، تقریباً تمامی خصوصیت‌های مورد بررسی، بطور معنی‌داری بهبود پیدا کردند. به نظر می‌رسد که در تیمار کمپوست ۹۰ تن در هکتار به واسطهٔ توانایی بالای آن در ذخیره آب، انسجام غشاءهای سلولی بیشتر حفظ شده و درک کمتری از تنش صورت گرفته است. از این رو، بکارگیری این مقدار کمپوست برای چمن تال فسکیو در شرایط کم آبی و وقوع تنش‌های رطوبتی توصیه می‌گردد.

منابع

1- Agassi M., Levy G.J., Hadas A., Benyamini Y., Zhevelev H., Fizik E., Gotessman M., and Sasson N. 2004. Mulching with composted municipal solid wastes in Central Negev, Israel. Effects on minimizing rainwater losses and on hazards to the environment. Soil and Tillage Research 78: 103- 113.

2- Alguacil M., Caravaca F., Díaz-Vivancos P., Hernández J.A., and Roldán A. 2006. Effect of Arbuscular Mycorrhizae and Induced Drought Stress on Antioxidant Enzyme and Nitrate Reductase Activities in *Juniperus oxycedrus* L. Grown in a Composted Sewage Sludge-amended Semi-Arid Soil. Plant and Soil 279: 209.

3- Al-Shammary A.A.G., Kouzani A.Z., Kaynak A., Khoo S.Y., Norton M., and Gates W. 2018. Soil Bulk Density Estimation Methods: A Review. Pedosphere 28(4): 581-596.

4- Arshadi J., and Asgharipour M.R. 2011. The Effects of Seed Size on Germination and Early Seedling Growth of Pelleted Seeds of Sugar Beet. Journal of Applied Sciences Research 7(8): 1257-1260.

5- Bajji M., Lutts S., and Kinet J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669–681.

6- Bates I.S., Waldern R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

7- Bayoumi T.Y., Eid M., and Metwali E.M. 2008. Application of physiological and Biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7: 2341-2352.

8- Casado-Vela J., Sellés S., Navarro J., Bustamante M.A., Mataix J., Guerrero C., and Gomez I. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils. Waste Management 26(9): 946-952.

9- Foley B.J., and Cooperband L.R. 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. Journal of Environmental Quality 31(6): 2086-2095.

10- Garg N., and Singla R. 2009. Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability and osmo-protection. Turk J. Agric., 33: 1-7.

11- Gazanchian A., Hajheidari M., Khoshkholgh Sima N., and Hosseini Salekdeh G. 2007. Proteome response of Elymus elongatum to severe water stress and recovery. Journal of Experimental Botany 58(2): 291–300.

12- Gazanchian A., Sima K.K., Nayer A., Malboobi M.A., and Majidi Heravan E. 2006. Relationships between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop Science 46(2): 544-553.

13- Ghassemi-Golezani K., Aliloo A.A., Valizadeh M., and Moghaddam M. 2008. Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Food, Agriculture and Environment 6(2): 222-226.

14- Hargreaves J.C., Adl M.S., and Warman P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Journal of Agriculture Ecosystem and Environment 123: 1-14.

15- Heuer B. 1994. Osmo regulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants: 363-381. In: Pessarakli. M., (Ed.). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Publisher. New York. P. 697.

16- Hoyle J., Keeley S., and Fagerness M. 2015. Tall Fescue Lawns. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

17- Huang B., Fry J.D., and Wang B. 1998. Water relations and canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. HortScience 33: 837-840.

18- Lee J.J., Park R.D., Kim Y.W., Shim J.H., Chae D.H., Rim Y.S., and Kim K.Y. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. Bio resource Technology 93(1): 21-28.

19- Lichtenthaler H. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio membranes. Methods in Enzymol 148: 350-382.

20- Morris B., and Kopec D. 2010. Maintaining Tall Fescue Turf grass in Urban Mojave Desert Landscapes. University of Nevada Cooperative Extension.

21- Movahedi Dehnavi M., Ranjbar M., Yadavi A.R., and Kavoosi B. 2010. The effect of cyclocel on proline, soluble sugars, protein, oil content and fatty acids of flaxseed oil (*Linum ussitatissimum*) under drought stress conditions in pot cultivation. Journal of Environmental Stress in Crop Sciences 3(2): 129-138. (In Persian with English abstract)
22- Nikolaeva M.K., Maevskaya S.N., Shugaev A.G., and Bukhov N.G. 2010. Effect of Drought on Chlorophyll Content and Antioxidant Enzyme Activities in Leaves of Three Wheat Cultivars Varying in Productivity. Russian Journal of Plant Physiology, 57(1): 87–95.
23- Pradhan G.P., Vara Prasad P.V., Fritz A.K., and Kirkham M.B. 2012. Effects of drought and high temperature stress on synthetic hexaploid wheat. Functional Plant Biology 39: 190-198.
24- Ritchie S.W. and Nguyen H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
25- Sadat Farizani M., Khazaie H.R., and Gazanchian G.A. 2019. Evaluating the effect of mixing different amounts of municipal solid waste (MSW) compost with soil on root properties of tall fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) under moisture stress conditions. Journal of Horticultural Science 33(1): 155-167. (In Persian with English abstract)
26- Saha M.C., Rouf Mian M.A., Eujayl I., Zwonitzer J.C., Wang L., and May G.D. 2004. Tall Fescue EST-SSR markers with transferability across several grass species. Theoretical and Applied Genetics 109(4): 783-791.
27- Sakr W.R.A. 2009. Response of paspalum turf grass grown in sandy soil to trinexapac-ethyl and irrigation water salinity. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants 1: 15-26.
28- Shiri J., Keshavarzi A., Kisi O., Karimi S., and Iturraran-Viveros U. 2017. Modeling soil bulk density through a complete data scanning procedure: Heuristic alternatives. Journal of Hydrology 259: 592-602.
29- Taiz L., and Zeiger E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Associates. Inc. Publishers.
30- Waltz C., and Landry G. 2006. Seeding Tall Fescue Lawns. Georgia Center for Urban Agriculture.
31- Wanchez-monedaro M.A., Roig A., Paredes C., and Bernal M.P. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of composting mixtures. Bioresource Technology, 78: 301- 308.
32- Waqas M., Ahmad B., Arif M., Munsif F., Khan A.L., Amin M., Kang S.M., Kim Y.H., and Lee I.J. 2014. Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mungbean. American Journal of Plant Sciences 5: 2269-2276.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 253-266
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۶۶-۲۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Improving Drought Stress Tolerance using Municipal Solid Waste (MSW) Compost in Native Grass – (*Festuca arundinacea*)

M. Sadat Farizani[1]*- H.R. Khazaee[2]- Gh.A. Gazanchian[3]
Received: 27-05-2020
Accepted: 11-11-2020

Introduction: Beautification of urban space and creating attractive face for cities by development of green space has caused to capita of urban green space be introduced as an important factor in urban development. Meanwhile, the important role of cover plants, especially turf grass, in creating green spaces has caused to add quickly the area of these beautiful plants in the cities. Nevertheless, existence of plants with high water requirements between the turf grasses, have created limitations in terms of water requirements supply. The grass planted in the country is mainly from imported seed types that are not so compatible with dry and semi-arid conditions in our country and from this point of view, sometimes they create limitations in terms of water supply. One of the native grasses in the country, is Tall Fescue (*Festuca arundinaceous*), which is a variety of cool-season, perennial and herbaceous grasses. One of the strategies to preserve grass under drought stress is improving soil structure with the aim of increasing the moisture. Organic compounds that improve soil physical and biological conditions (such as municipal waste compost and manure) can be effective. Using compost improves soil structure and strengthens soil mineral content and allows soil to retain moisture for longer. Because compost can hold water about two to six times its volume and prevent it from being wasted. Compost in heavy soils, improves soil porosity and makes the soil better ventilation elderly. In light soils, it acts like a sponge and by keeping water and food safe, it will greatly prevent them from being washed. Therefore, present research was done to evaluate the effect of mixing different amounts of Municipal Solid Waste (MSW) compost with soil on some physiological properties of Tall Fescue native grass under moisture stress conditions.

Materials and Methods: This research was conducted in the form of two experiments in research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The first experiment with aim of evaluating percentage and rate of grass emergence was conducted in a completely randomized design with four replications that the experimental treatments consisted of ten different levels of compost mixing with soil (10 up to 100 $t.ha^{-1}$) and control treatment (agronomic soil without mixing compost). In the second experiment, three values of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare plus control (no compost consumption) as the first factor and three levels of moisture stress of 25, 50 and 100 percent of field capacity as intense stress, mild stress and without stress, respectively as the second factor that were compared in factorial by a completely randomized design with four replications.

Results and Discussion: The results of the first experiment showed that the amounts of 70, 80 and 90 tons per hectare increased significantly the percentage and rate of grass emergence due to increased fertility and higher water holding capacity and in these treatments, the positive effect of rising water holding capacity has been dominated on negative effect of electrical conductivity of the soil and this topic has led to an improvement in the percentage of grass emergence in these treatments. Furthermore, in the amounts of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare, the bulk density of soil significantly decreased and the C/N ratio dramatically increased. In the second experiment, with increasing drought stress in different amounts of compost, the total chlorophyll content decreased and relative water content of plant, proline and electrolyte leakage increased. In the compost treatment of 90 tons per hectare, due to its high ability to store water, the cell membrane integrity was more preserved and it was done less understanding of stress. The shoot dry weight decreased significantly as a result of increasing the severity of drought stress.

Conclusion: Based on the findings of this study, application of 90 tons of compost per hectare significantly improved some of physiological traits for Tall Fescue grass in drought stress conditions. Also, it seems that Tall

1 and 2- Graduated from Ph.D. in Plant Physiology and Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mohamad.sf49@gmail.com)
3- Associate Professor of Forests and Rangelands Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Khorasan Razavi Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mashhad, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.61803.0

Fescue grass cleverly has tried to deal with drought stress with target of increase the amount of moisture available for itself. Therefore, using 90 tons of compost per hectare for Tall Fescue grass in low water conditions and occurrence of moisture stresses is recommended.

Keywords: Chlorophyll, Drought, Electrolyte leakage, Grass